臺灣蘆筍立枯病及根腐病害之發生情形與要因之研究[1]

杜 金 池 張 贛 發[2]

摘要 調查本省苗栗、彰化、嘉義及屏東等四縣主要蘆筍栽培鄉鎮共 11,201處（每處0.1公頃）蘆筍田，發現根部病害周年發生率達1.8～5.2%。全部罹病株中*Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* 引起之立枯病約佔46% ，*F. moniliforme* 引起之根腐病約 17% ， 餘爲其他病原菌如 *F. solani*, *Rhizoctonia solani* 及 *Pythium* sp. 等所引起。土壤種類對根部病害之發生有很大的影響，周年平均發病率壤土爲2.4%，砂壤土爲3.6%，壤砂土及砂土爲5.2%。

以 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* 與 *F. moniliforme* 兩種病原菌探討土壤溫度及濕度與發病之關係，發現兩者均以土壤溫度 25°C 發病最嚴重，但土壤濕度則前者以 21% MHC，後者以 26%MHC 最易發病。 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* 在中性（PH7）土壤， *F. moniliforme* 以略偏酸性（PH6）土壤較適於發病。

前 言

本省蘆筍病害之研究，一向偏重於莖及葉部病害。但近年來，因老筍田更新和衰產問題漸被重視 (19)，根部病害始被注意。在國外，Grogan與 Kimble 兩氏 (11) 已證明美國加州老筍田不適宜更新及筍田衰產之主要原因是因立枯病原菌（*Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*）所致。 Endo 與 Burkholder 兩氏 (6) 發現除 *F. oxysporum* 外，尙有 *F. moniliforme* 及 *Penicillium martensii* 亦是引起衰產的主要病原菌。解決筍田更新的辦法各國專家均贊成「新地更新」 (1.11.16) ， 但因本省耕地有限，競爭作物又多，故不能模仿採行 (19) 。唯有找出不適宜更新和衰產的原因排除之，才是解決本省此項難題的根本辦法。

鑒於目前本省筍田不適宜更新和衰產的情形尙未十分嚴重，而立枯病之發生亦尙輕微 (21) ，本研究乃就立枯病及根部病害在本省實際發生情形、分布及發病要因進行研究和瞭解，俾供日後深入研究和籌謀防治良策的依據。

材料與方法

自1975年 1 月至12月間，逐月前往本省蘆筍主要栽培地區，包括苗栗縣（後龍）、彰化縣（溪州）、嘉義縣（嘉義市、朴子、六脚、新港、蒜頭 、 東石）及屏東縣（里港 、 六塊厝）等 4 縣10鄉鎮共11,201處蘆筍田調查立枯病之發生情形。

調查時蘆筍田以0.1公頃爲單位，依品字形分成 3 小區，每小區調查100株。立枯病之初步判定，係以植株葉片變黃或全株呈現萎凋，肉質吸收根之維管束變紅棕色或母莖靠近地面部份之維管束變紅褐色者爲準（圖 1 ）。初步判定爲立枯病之蘆筍株携回分離病原菌，經接種試驗證明病原性，才確定病原菌爲 *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*。其他有萎凋、枯死或根部罹病而無上述維管束變色病徵之蘆筍株亦經採集、分離、接種後確定病原菌名稱。蘆筍田調查病害發生情形後，同時採集土壤樣品，供分析土壤種類。

本報告係農復會（蘆筍研究小組）補助計畫 64—ARF—60之研究成果。

1.試驗研究報告農試字第八一二號。

2.臺灣省農業試驗所技正兼植物病理系主任及技佐。

病原菌之接種係採用「浸苗法」與「土壤接種法」之混合方法。各種病原菌均培養於三角瓶（100ml）內之馬鈴薯蔗糖培養液 20ml 上，培養溫度為 23°C，連續光照。20日後將供試菌菌落挑出，置於高速攪拌器內加無菌水 100ml，攪拌 1 分鐘，以調成菌絲懸浮液或菌絲與胞子混合液。培植於蛭石上30日之蘆筍苗（uc-711）小心移開苗床，將根部浸漬於供試菌菌絲懸浮液或菌絲與孢子混合液 1 分鐘，再移植於直徑 12cm 陶製栽盆內砂質壤土（60°C/1hr 殺菌），每盆栽 5 株。移植後每盆先澆淋供試菌菌絲懸浮液或菌絲與孢子混合液 50ml，再灌入自來水，使供試菌能均勻地滲入土內。每隔 5 日調查植株之發育與發病及病徵之發生與變化情形，罹病株經再分離、培養與鑑定，以確證病原菌之種別。

經上述調查與接種試驗後，選定 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* 及 *F. moniliforme* 等兩種病原菌進行發病與土壤溫度、含水量及酸鹼度（PH值）之關係研究。土壤溫度試驗係於各種不同溫度之植物生長箱內進行，光照強度1,000～1,200Lux，每日光期12小時。土壤含水量試驗則以栽盆盛裝 60°C 蒸氣殺菌 1 小時之砂質壤土（最大含水量（WHC）36%），再按重量法分成不同含水量處理後，每日校正土壤含水量 2 次。植株重量則以同齡筍苗20株之平均值每日校正一次。土壤酸鹼度試驗以 1N Hcl 和1N KOH 調整無菌砂質壤土至所需 PH 值。上列盆栽試驗各處理均設 5 重複。土壤含水量及酸鹼度試驗係在溫室（25—31°C）進行。

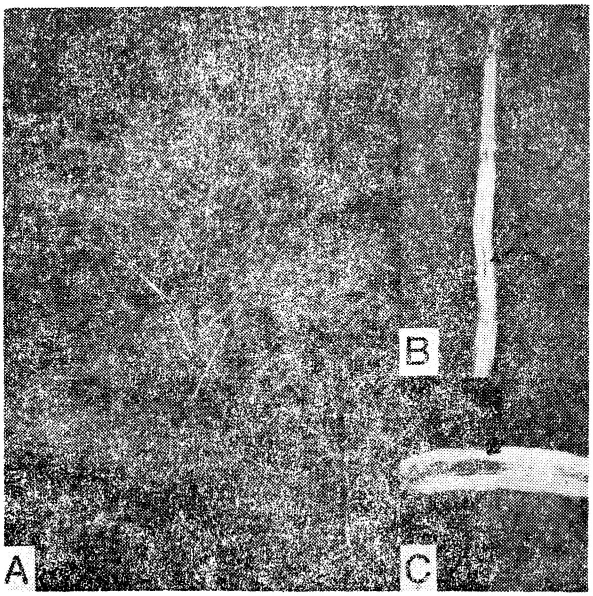

圖 1　蘆筍立枯病病徵。A. 全株呈現黃化及提早落葉。B. 病株莖部維管束呈褐色。C. 病株根部維管束亦呈褐色變化。

Figure 1. Symptoms of asparagus wilt.

試驗結果

1. 蘆筍根部病害之病原種類及周年發生情形：

田間調查時，凡罹患根部病害之蘆筍株均携回分離及培養可能致病之菌類，經鑑定後再進行接種試驗。綜合本調查結果，本省蘆筍根部病害之病原菌共有 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi*, *F. moniliforme*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani* 及 *Pythium* sp. 等 5 種。上述病原菌除可單獨引起病害外，亦往往兩種或兩種以上病原菌共同侵害（表 1）。5 種病原菌中以 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* 之分離率最高，達46%。由該病原菌引起之根部病害應稱為「立枯病」，其典型病徵如圖 1。

蘆筍根部病害雖周年均有發生，但以 1 月份發生率 1.8%為最少，8 月份 5.2%為最嚴重。民國64年各月份本省蘆筍部病害發生情形，請參閱圖 2。

2. 蘆筍田土壤種類與根部病害之相關性：

本項目調查係於所調查 11,201處蘆筍田中逢機選取120處土壤分析之結果。供測土壤依美式標準[9]，約可分成 3 種，即：壤土（Loam）、砂壤土（Sandy loam）及壤砂土（Loamy Sand，包括砂土Sand）。各種土壤之年平均發病率為壤土2.4%，砂壤土3.6%，壤砂土和砂土5.2%（圖 3）。

表 1　臺灣蘆筍根部病害之病原種類

Table 1. Pathogens involved in the root-disease complex of asporagus in Taiwan.

月 份 Month	病 原 菌 Pathogens* (%)					
	1	2	3	4	5	6
March	16	8	20	21	15	20
May	22	17	16	14	12	19
July	12	35	33	0	16	4
October	8	12	25	31	12	12
平 均 Average	15	17	23	17	14	14

* 1………*Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*

2………*Fusarium moniliforme*

3………*Fusarium solani*

4………*Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* in combination with other *Fusarium* spp.

5………*Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* in combination with *Rhizoctonia Solani*

6………*Rhizoctonia solani* and/or *Pythium* sp.

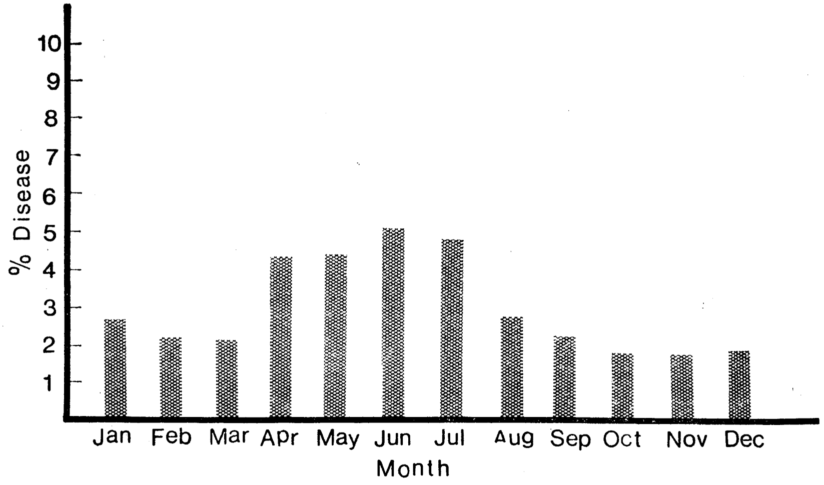

圖 2　臺灣蘆筍根腐病1975年期各月份之發病消長情形

Figure 2. Monthly occurrence of asparagus Root disease complex in 1975.

3. *Fusarium* spp. 與 *Rhizoctonia Solani* 之病原性比較試驗：

在溫室（25～32°C）以蘆筍（UC 711）苗進行接種試驗結果，發病率 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi*爲 48%, *F. moniliforme* 爲36%, *F. solani* 爲15%, *R. solani* 爲 25%。任意混合 2 種病原菌接種結果，並無明顯的協力效應現象。*F. oxysporum* f. sp. *asparagi*與其他病原菌混合接種之發病率反而比單獨接種者爲低（表 2），其原因爲何，尚待繼續研究。

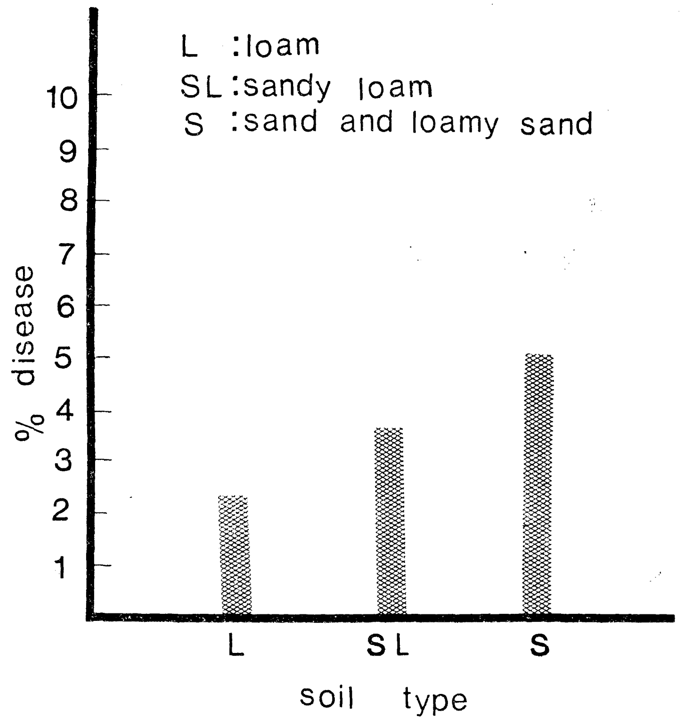

圖3 蘆筍田土壤種類與根腐病害發生之關係

Figure 3. Severity of asparagus root disease complex in relation to soil types.

表2 *Fusarium spp.* 及 *Rhizoctonia solani* 對蘆筍苗之病原性檢定

Table 2. Pathogenicities of *Fusarium* spp. and *Rhizoctonia solani* to asparagus seedlings (UC 711) (25-32°C)

Kind of pathogen and method of inoculation	Disease(%)
Fusarium oxysporum f. sp. *asparagi* alone	48
Fusarium moniliforme alone	36
Fusarium solani alone	15
Rhizoctonia solani alone	25
F. oxysporum f. sp. *asparagi* in combination with *F. moniliforme*	52
F. oxysporum f. sp. *asparagi* in combintaion with *F. solani*	33
F. oxysporum f. sp. *asparagi* in combination with *R. solani*	23
F. moniliforme in combination with *F. solani*	30
F. moniliforme in combination with *R. solani*	38
F. solani in combination with *R . solani*	25

4. 土壤溫度、含水量及酸鹼度等對*Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*和*F. moniliforme*侵染蘆筍苗之影響：

依據本試驗結果，*F. oxysporum* f. sp. *asparagi* 和 *F. moniliforme* 之發病環境條件列

如表3～5。*F. oxysporum* f. sp. *asparagi*之最適發病溫度爲 25°C左右，土壤含水量爲16～21%，土壤酸鹼度爲 pH7左右；而 *F. moniliforme* 之最適發病溫度爲 25°C 左右，土壤含水量爲21～26%，土壤酸鹼度爲 pH6 左右。由此可知前者以中性土壤而後者以偏酸性土壤發病較嚴重。雖然兩者最適發病溫度均爲 25°C 左右；但後者在多濕地區之發病率比前者更爲嚴重。

表3　土壤溫度對 *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* 與 *Fusarium moniliforme* 侵染蘆筍 (%) 之影響

Table 3. Influence of soil temperature (°C) on the disease incidence (%) of *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* and *F. moniliforme* on asparagus

病原菌 Pathogen	溫度 Temperature (±1°C)					
	10	15	20	25	30	35
F. oxysporum	11.5	20.8	60.3	90.5	69.3	17.8
F. moniliforme	19.8	29.3	59.8	90.3	58.5	14.0

LSD 5%…… 2.31

LSD 1%…… 1.71

表4　土壤含水量對 *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*與 *Fusarium moniliforme* 侵染蘆筍 (%) 之影響

Table 4. Influence of soil moisture (% WHC) on the disease incidence (%) of *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* and *F. moniliforme* on asparagus

病原菌 Pathogen	含水量 Water holding capacity (%)						
	6	11	16	21	26	31	36
F. oxysporum	21.8	40.3	61.3	63.5	42.5	38.0	22.8
F. moniliforme	10.5	27.3	39.5	49.5	57.5	47.5	25.3

LSD 5% …… 1.29

LSD 1% …… 1.73

表5　土壤酸鹼度對*Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* 與*Fusarium moniliforme* 侵染蘆筍 (%) 之影響

Table 5. Influence of soil pH on the disease incidence (%) of *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* and *F. moniliforme* on asparagus

病原菌 Pathogen	酸鹼度 pH value					
	4	5	6	7	8	9
F. oxysporum	10	28	28	46	30	10
F. moniliforme	20	35	50	40	15	15

LSD 5%…… 2.06

LSD 1%…… 2.74

討論與結論

蘆筍根部病害的眞菌類病原菌有許多種，如*Fusarium* spp. [17], *Rhizoctonia violacea*[4], *Corticium solani*[12], *Sclerotium* sp. [15] 及 *Pythium* sp. [21] 等。其中對蘆筍田造成衰產及老筍田不宜更新之病原菌以 *Fusarium* spp. 最爲重要[6,10,11,21]。*Fusarium* 屬內有很多種對蘆筍有病原性，如 *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *F. solani*, *F. roseum*[5] 及 *F. moniliforme*[6] 等。即使侵害蘆筍之 *F. oxysporum*亦非全部是立枯病原菌（*F. oxysporum* f. sp. *asparagi*）。Graham氏[7,8] 曾報導 *F. oxysporum* var. *redolens* 亦會引起蘆筍苗立枯病。依據 Grogan 與 Kimble 兩氏[11] 之報告，前者侵害蘆筍後之典型病株莖部維管束變成褐色，乃因病原菌侵入之故，而後者則無此現象。*F. oxysporum* 之致病性分化型（pathogenic form species）會侵害「非寄主植物」（nonsusceptible host）而不產生病斑或產生病斑之事實，已不乏先例[2,3,20]。筆者等認爲分離自蘆筍根部之 *F. oxysporum* 必不僅典型的立枯病菌而已。故分離自病株之 *F. oxysporum*必須經過病原性測定。有些 *F. oxysporum* 雖亦會使根部褐變，或產生疑似萎凋之病徵，但如不使莖部維管束變成紅褐色者，必非*F. oxysporum* f. sp. *asparagi*。

筆者等分離所獲之病原菌包括有*F. oxysporum* f. sp. *asparagi*, *F. moniliforme*, *F. solani*, *R. solani* 及*Pythium*等5種。雖亦分離到 *F. roseum*，但證明並無病原性。Endo 和 Burkholder兩氏[6] 報導 *P. martensii*亦會引起根部病害，並爲蘆筍田衰產之另一主要病原菌，但筆者等却未在本省蘆筍田發現。

蘆筍根部病害諸病原菌中，除Endo和Burkholder兩氏[6] 報導美國加州南部以 *F. moniliforme* 之分離率最高外，其餘各地均以 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* 之分離率較高，而且分佈亦較廣[5,13,17]。本省蘆筍田亦以 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi*之分離率最高，達全部罹病株之 46%，*F. moniliforme*次之，情形和國外之報導相似。

鑒於 Grogan和 Kimble 兩氏[11] 已經試驗證明老筍田不適更新及蘆筍田衰產之主要因素是立枯病菌 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* 所致，本省蘆筍罹根部病害之情形雖尙只1.8～5.2%，但約有半數係肇因於立枯病之事實，顯示立枯病病原菌之分佈已頗普遍，只是該病原菌在田間之殘存族羣密度尙低，不足使蘆筍株全面罹病，造成衰產，惟假以時日，立枯病造成的衰產問題，必將一發而不可收拾。

本研究發現蘆筍根部病害之發生率在壤砂土及砂土爲5.2%，砂壤土爲 3.6%，而壤土僅2.4%。由於蘆筍根部病害中以立枯病所佔之比率最高，而Bakel和Kerstens兩氏[4] 亦報告 *Fusarium* spp. 引起之蘆筍病害在砂質土壤比粘質土壤爲重。本項研究之結果，亦可間接證明本省蘆筍田間 *Fusarium* spp. 病原菌之存在爲造成蘆筍根部病害的主要原因。

Graham氏[7,8] 報導蘆筍立枯病在氣溫 25～30°C 發生最嚴重。本研究獲相似之結果，發現在 25°C 時發病最多，30°C 次之，20°C再次之；*F. moniliforme* 亦以25°C 最適宜發病。*F. oxysporum*引起之蘆筍種子萌前腐敗以土壤含水量較低或較高時最嚴重[8]，但依本研究之結果，移植後之蘆筍苗則恰相反，以適中之濕度最容易發病；*F. oxysporum* f. *sp. asparagi* 以 16～21% WHC, *F. moniliforme*需較高的濕度而以21～31% WHC較適宜。前者之最適發病土壤濕度爲 21 %WHC，而後者爲26%WHC，過高（36% WHC）或過低（6% WHC）的土壤濕度均有降低發病的趨勢。一般 *F. oxysporum* 較適宜於略偏酸性的土壤，如*F. oxysporum* f. sp. *line*在PH 4.2 較適宜，但在 PH 7.6或8則否[18]。本研究發現 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* 以PH7 最適宜於發病。Wilson 氏[18] 認爲土壤 PH 値並不是決定 *F. oxysporum* 分佈與生存之最主要因子。事實上最適宜發病之 PH 値與病原菌分佈及生存最適宜之 PH 値雖有關連，但並沒有絕對的關係，蓋病害之發生爲病原菌與寄主相互關係之建立[14]，除病原菌之量（族羣數目）與質（致病性）應予

考慮外，寄主對病原菌抗性之強弱及寄主之生育狀況亦應爲重要之考慮條件。*F. moniliforme* 之發病最適 pH 值與 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* 不同，似略偏酸性而爲 PH6。上述土壤溫度、濕度及pH值均係針對「發病條件」而言，至於「病原菌在土壤內之分佈及殘存所需之條件」，尙待繼續研究。

參 考 文 獻

1. Agricultural Research Service. 1972. Revised. Commercial growing of asparagus. USDA Farmer's Bull. No. 2232. 22p.
2. Armstrong, G. M., and J. K. Armstrong. 1948. Nonsusceptible hosts as carriers of wilt Fusaria. Phytopathology 38 : 808-826.
3. Armstrong, G. M., and J. K. Armstrong. 1969. Relationships of *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii*, *asparagi*, *cassiae*, *melongenae*, and *vasinfectum* race 3 as revealed by pathogenicity for common hosts. Phytopathology 59 : 1256-1260.
4. Barker, B. T. P., and C. T. Gimingham. 1916. Experiments on the treatment of *Rhizoctonia* disease of asparagus. Univ. Bristol, Ann. Rpt. Agr. and Hort. Res. Sta. 1916, pp. 39-40 ; J. Bath and West and South Counties Soc., 5 ser. 11 : 165-167.
5. Broeck, H. van Den, and C. van Assche. 1966. Pathogeniteit van *Fusarium* species voor *Asparagus officialis*. Meded. Rijksafc. Landbouwwentenschappen Gent. 31 : 915-924.
6. Endo, R. M., and E. C. Burkholder. 1971. The association of *Fusarium moniliforme* with the crown rot complex of asparagus. Phytopathology 61 : 891.
7. Graham, K. M. 1952. A fusarial disease of seedling asparagus in Ontario. Phytopathology 42 : 9.
8. Graham, K. M. 1955. Seedling blight, a fusarial disease of asparagus. Canad. J. Bot. 33 : 374-400.
9. Griffin, D. M. 1972. Ecology of soil fungi . Syracus Univ. Press. Syracus. 193pp.
10. Grogan, R. G., and K. A. Kimble. 1954. Fusarium wilt, a major factor in the decline and replant problem of asparagus in California. Phytopathology 44 : 490.
11. Grogan, R. G., and K. A. Kimble. 1959. The association of *Fusrium* wilt with the asparagus decline and replant problem in California. Phytopathology 49 : 122-125.
12. Houston, B. R. 1945. Culture types and pathogenicity of isolates of *Corticium solani*. Phytopathology 35 : 371-393.
13. Marras, F., and 0. Servazii. 1970. Sulle fusariosi dell'asparafo (*Asparagus officialis* L.) Studi Sassaresi, III, 18 : 211-227.
14. Roberts, D. A., and C. W. Boothroyd. 1972. Fundamentals of plant pathology. W. H. Freeman and Co. San Francisco. 402pp.
15. Suzui, T., and H. Abumiya. 1963. On the root-rot disease of asparagus caused by *Sclerotium* sp. Hokkaido Nat. Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 82 : 60-71.
16. Thuesen, A. 1961. Asparagus-work at Spangsbjerg. p. 41-45. *In* Report of the 3rd Meeting of International Working Group for Asparagus Breeding.
17. Van Bakel, J. M. M., and J. J. A. Kerstens. 1970. Foot rot in asparagus caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*. Neth. J. Plant Path. 76 : 320-325.
18. Wilson, I. M. 1946. Observations on wilt disease of flax. Brit. Mycol. Soc. Trans. 29 : 221-231.
19. 洪立 1974 臺灣蘆筍衰產及更新之問題 中國園藝 20 : 63—70。
20. 杜金池 程永雄 張義璋 1977 田間亞麻萎凋病鐮刀菌與水稻之相互關係研究 中華農業研究 26 : 64—71。
21. 吳福壽 杜自彊 曾寶鑫 1974 綠蘆筍病害調查及莖枯病防治試驗 農業研究 23 : 204—211。

STUDIES ON FUSARIAL WILT AND ROOT DISEASE COMPLEXES OF ASPARAGUS IN TAIWAN

by

C. C. Tu and K. F. Chang

Summary

A survey on fusarial wilt and other root diseases of asparagus was carried out from 11,201 fields located at 4 different asparagus growing prefectures in Taiwan in 1975. It was found that annual average of wilt and root diseases reached as high as 1.8-5.2%. Among diseased plants fourty six percent were proved to be incited by *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*, 17% by *F. moniliforme*, and the rest of them by *F. solani*, *Rhizoctonia solani* and *Pythium* sp. The soil type of asparagus field was proved to be closely related to the severity of root diseases; those of loam soil showed 2.4% of disease, sandy loam 3.6%, but loamy sand and sand 5.2%.

Although the optimum soil temperatures for disease incidence of both *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* and *F. moniliforme* were at 25°C, the former was more prevalent if soil water holding capacity was at 21% with soil pH at 7, and the latter was more favorable at 26 % of water holding capacity with a soil pH around 6.